

PCT

ORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :  
B01D 63/12, 65/00, 61/36, 53/22

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 96/33798

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum: 31. Oktober 1996 (31.10.96)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH96/00142

(22) Internationales Anmeldedatum: 18. April 1996 (18.04.96)

(30) Prioritätsdaten:  
1165/95-2 24. April 1995 (24.04.95) CH

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): KREBS  
& CO. AG [CH/CH]; Claridenstrasse 20, CH-8022 Zürich  
(CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DANZIGER, René, S.  
[CH/CH]; Rütistrasse 20, CH-8134 Adliswil (CH).

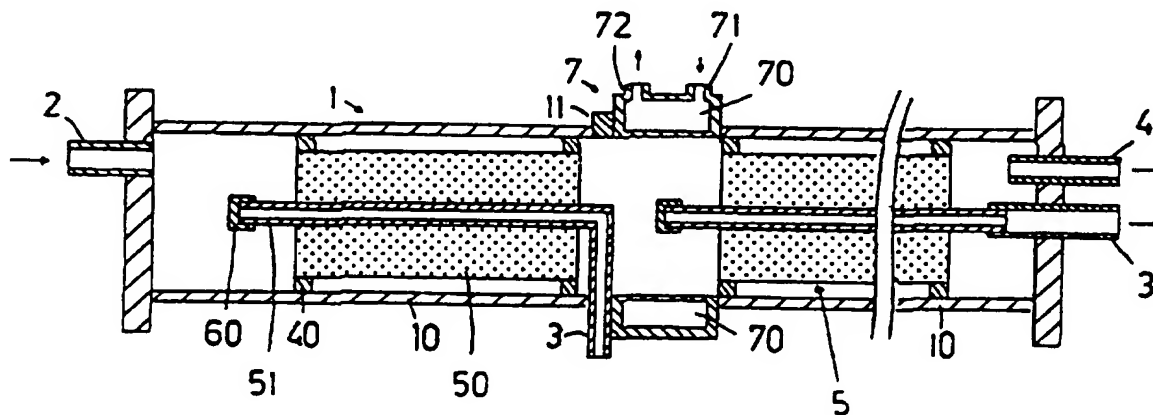
(74) Anwalt: PATENTANWALTSBÜRO FELDMANN AG;  
Kanalstrasse 17, CH-8152 Glattbrugg (CH).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE,  
CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL,  
PT, SE).

Veröffentlicht  
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: FLUID SEPARATION DEVICE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR TRENNUNG VON FLUIDEN



(57) Abstract

A device for separating fluids comprises a pressure pipe (1) to accept at least two winding modules (5), in which said winding modules (5) are arranged one behind the other in the direction of flow and in which the pressure pipe (1) has a feed inlet, at least one permeate outlet (3) and a retentate outlet (4). The device also comprises a heater (7) heating at least one region between the winding modules (5) arranged one behind the other so that the retentate leaving an upstream winding module (5) is heated before it flows as the feed solution into the next module (5). During transfer the feed solution to be heated remains inside the pressure pipe and has a turbulent flow to increase heat transfer.

## (57) Zusammenfassung

Eine Vorrichtung zur Trennung von Fluiden umfasst ein Druckrohr (1) zur Aufnahme von mindestens zwei Wickelmodulen (5), wobei die mindestens zwei Wickelmodule (5) in Strömungsrichtung hintereinander anzuordnen sind und wobei das Druckrohr (1) einen Feedeingang (2), mindestens einen Permeatausgang (3) und einen Retentatausgang (4) aufweist. Die Vorrichtung umfasst ferner eine Heizvorrichtung (7), die mindestens einen Bereich zwischen den hintereinander angeordneten Wickelmodulen (5) beheizt, so daß das Retentat, das ein vorhergehendes Wickelmodul (5) verlässt, erwärmt wird, bevor es als Feedlösung in das nächste Modul (5) strömt. Die zu erwärmende Feedlösung verbleibt beim Übergang innerhalb des Druckrohres und weist zur Erhöhung des Wärmeüberganges eine turbulente Strömung auf.

## LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

### Vorrichtung zur Trennung von Fluiden

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Trennung von Fluiden, die ein Druckrohr zur Aufnahme von mindestens zwei Wickelmodulen umfasst, gemäss Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Die Verwendung von Wickelmodulen mit selektiven Membranen zur Trennung von Fluiden ist bekannt. Zur Separation der Fluide wird je nach Art der Fluide Umkehrosmose, Ultrafiltration, Gaspermeation oder in neuerer Zeit auch Pervaporation eingesetzt. Die der Vorrichtung zugeführten gemischten Fluide werden Feedlösung, die durch die Membran des Wickelmoduls geströmten Fluide werden als Permeat und die restlichen Fluide als Retenat bezeichnet. Allgemein ist der Stofftransport durch die Membran des Wickelmoduls proportional zur treibenden Kraft, das heisst zur Differenz des chemischen Potentials der Fluide auf den zwei Seiten der Membran. Die Potentialdifferenz wird dadurch erreicht, dass am Wickelmodul, welches innerhalb eines Druckrohres angeordnet ist, ein Unter- oder Ueberdruck angelegt wird.

In US-A-3'367'504 wird eine derartige Vorrichtung, bestehend aus einem Druckrohr und einem darin angeordneten Wickelmodul

beschrieben, die zur Meerwasser-Entsalzung mittels Umkehrosmose verwendet wird. Zu entsalzendes Wasser wird nach allfälliger Vorbehandlung als Feedlösung in das Druckrohr eingeleitet und verlässt es als gereinigtes, aufbereitetes Wasser in Form eines Permeats. Das hier verwendete Wickelmodul besteht aus einer oder mehreren Membrantaschen, die mit je einem netzähnlichen Abstandhalter (Feedspacer) aus Kunststoff oder Metall spiralförmig um ein Permeatsammelrohr gewickelt sind. Jede Membrantasche besteht dabei aus zwei Membranen, zwischen denen ein poröses Kunststoff- oder Metallgewirk liegt (Permeatspacer). Die Membrantasche ist an drei Seiten geschlossen. An ihrer vierten offenen Seite ist sie an das perforierte Permeatsammelrohr angeschlossen. Die Feedlösung tritt an der Stirnfläche des Wickelmoduls ein und strömt in axialer Richtung durch das Wickelmodul. Dabei dringt die zu trennende Komponente, in diesem Beispiel das Wasser, durch die Membran und strömt als Permeat innerhalb der porösen Stüttschicht in radialer Richtung spiralförmig dem Permeatsammelrohr zu. Da die Ausbeute eines einzelnen Wickelmoduls relativ gering ist, werden zum Erreichen der gewünschten Ausbeuten im allgemeinen mehrere Module in Strömungsrichtung hintereinander innerhalb des Druckrohres angeordnet. Dabei bildet das Retentat des vorhergehenden Wickelmoduls jeweils die Feedlösung für das nachfolgende Modul.

In US-A-3'417'870 ist eine weitere Vorrichtung mit einem Wickelmodul offenbart, die zur Meerwasser-Entsalzung verwendet wird. Das Wickelmodul besteht hier aus mehreren Membrantaschen, die radial zueinander angeordnet und gemeinsam um ein Permeatsammelrohr gewickelt sind. Diese spezielle Anordnung erhöht den

Wirkungsgrad. Doch auch hier werden meist mehrere hintereinander angeordnete Module verwendet, um die gewünschte Ausbeute zu erzielen.

Derartige Vorrichtungen mit Wickelmodulen werden unter Verwendung von geeigneten Membranen auch in der Pervaporationstechnik eingesetzt. Ein Flüssigkeitsgemisch wird mittels Permeation aufgetrennt, indem eine permselektive Membran auf einer Seite von dem Flüssigkeitsgemisch überströmt wird. Gewisse Komponenten der Flüssigkeit dringen dabei bevorzugter durch die Membran als andere. Der die Membran durchdringende Anteil, das Permeat, wird in Form von Dampf auf der anderen Seite der Membran weggeführt. Beim Wickelmodul erfolgt dies im Permeatrohr. Die Restflüssigkeit, also der nicht durch die Membran dringende Anteil des Flüssigkeitsgemisches, bildet das Retentat.

Die treibende Kraft für den Transport der permeierenden Komponente ist der Partialdruckunterschied zwischen der Feed- und der Permeatseite der Membran. Dieser Druckunterschied kann auf verschiedene Weise erzielt werden. Bei den zur Zeit kommerziell eingesetzten Vorrichtungen wird auf der Permeatseite der Membran ein Vakuum angelegt, wobei das Vakuum bevorzugt durch so starkes Kühlen des Permeats erreicht wird, dass dieses kondensiert.

Alle bekannten Wickelmodule haben jedoch den Nachteil, dass ihr Wirkungsgrad relativ klein ist, so dass mehrere Module in Serie aneinandergereiht werden müssen, wodurch die Vorrichtungen jedoch vergrößert werden.

Es ist zwar bekannt, dass Membrantrennverfahren durch Zufuhr von Wärme verbessert werden können. Der Pervaporationsprozess wird durch die Wärmezufuhr zusätzlich verbessert, weil die durch die Verdampfung auf der Permeatseite verursachte Abkühlung verhindert wird. Dieser Effekt wird bei den Vorrichtungen mit Wickelmodulen ausgenützt, indem die Feedlösung vor dem Zuführen in das Druckrohr beheizt wird. Sind jedoch mehrere Wickelmodule aneinandergereiht, so ist die Wirkung dieser Wärmezufuhr äusserst begrenzt, da die Feedlösung beim Durchbeziehungsweise Ueberströmen der Membrane einem starken Temperaturgradienten unterworfen ist.

Für die Pervaporation werden deshalb anstelle von Wickelmodulen bevorzugterweise Vorrichtungen einer anderen Modulkonstruktionsart verwendet. Diese weisen einen sandwichartigen Aufbau auf und setzen sich aus Pervaporationskammern und Heizkammern zusammen. Dabei ist jede Pervaporationskammer zwischen zwei Heizkammern angeordnet. Eine derartige Vorrichtung ist aus EP-A-0'572'355 bekannt. Durch die Verwendung der Heizkammern wird eine gleichmässige Temperaturverteilung erzielt, was den Wirkungsgrad erhöht. Durch ihren schichtweisen Aufbau weisen diese Vorrichtungen jedoch eine kleinere Membranoberfläche pro Volumeneinheit auf als die bekannten Vorrichtungen, die Wickelmodule enthalten, so dass ihre aktive Fläche geringer ist. Ein weiterer Nachteil ist, dass sie relativ teuer in der Herstellung sind. Dies ist umso nachteiliger, als die Membran selber eine begrenzte Lebensdauer aufweist und anschliessend ausgewechselt werden muss. Von allen Membranmodulen können Wickelmodule am einfachsten ausgewechselt werden.

Ein wesentlicher Vorteil der Verwendung von Wickelmodulen ist, dass diese kostengünstiger sind, wodurch die Herstellungs- und Betriebskosten von Pervaporations-Vorrichtungen vermindert werden. Es sind deshalb auch Vorrichtungen mit Wickelmodulen bekannt, welche den Wärmeverlust beim Durchströmen der Membrane kompensieren.

So offenbart EP-A-0'641'593 eine Vorrichtung zur Pervaporation, welche ein Druckrohr mit mehreren darin in Serie angeordneten Wickelmodulen und einen externen Wärmetauscher umfasst. Das Retentat, welches das erste Wickelmodul verlässt, wird aus dem Druckrohr in den externen Wärmetauscher geleitet, wo es auf die gewünschte Betriebstemperatur erwärmt wird. Anschliessend wird es als Feedlösung für das nachfolgende Wickelmodul in das Druckrohr zurückgeleitet.

Patent Abstracts of Japan, vol. 7, no. 191 offenbart ferner eine Anordnung von mehreren Wickelmodulen in Serie. Das Retentat eines Wickelmoduls wird jeweils ausserhalb der Wickelmodulvorrichtung erwärmt, bevor es als Feed in das nachfolgende Wickelmodul geleitet wird.

US-A-5'294'345 beschreibt eine Vorrichtung zur Pervaporation mit einem Druckrohr und einem einzigen darin angeordneten Wickelmodul, wobei das Druckrohr einen doppelwandigen, beheizbaren Mantel aufweist. Der Feedeingang ist im in Strömungsrichtung hinteren Bereich des Wickelmoduls angeordnet, damit die Feedlösung über eine möglichst lange Strecke entlang

der Wandung des Druckrohres fliesst, um so vor Eintritt in das Wickelmodul auf die gewünschte Temperatur erwärmt zu werden.

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, eine verbesserte Vorrichtung zur Trennung von Fluiden zu schaffen, welche die obengenannten Nachteile behebt.

Diese Aufgabe löst eine Vorrichtung zur Trennung von Fluiden mit den Merkmalen des Patentanspruches 1.

In der erfindungsgemässen Vorrichtung werden die kostengünstigeren Wickelmodule verwendet, wobei das zu trennende Fluid nicht nur vor dem Eintritt in das Druckrohr und somit in das erste Modul erwärmt wird, sondern auch vor dem Eintritt in jedes weitere Modul. Dadurch wird innerhalb der Vorrichtung eine nahezu konstante Temperatur gewährleistet und somit der Wirkungsgrad erhöht. Die für die Trennung der Fluide benötigte Membranoberfläche wird durch die Erhöhung des Wirkungsgrades verkleinert.

Die Heizvorrichtung beheizt mindestens einen Bereich zwischen zwei hintereinander angeordneten Wickelmodulen, wodurch das Retentat, welches das eine Wickelmodul verlässt, erwärmt wird, bevor es als Feed das nachfolgende Wickelmodul durchströmt. Beim Uebergang von einem Wickelmodul in das nachfolgende Wickelmodul verbleibt das Retentat/der Feed im Druckrohr. Der Uebergangsbereich von einem Wickelmodul zum nächsten ist so ausgebildet, dass das Retentat/der Feed eine turbulente Strömung aufweist. Dank dieser turbulenten Strömung wird ein



genügend grosser Wärmeübergang von der Heizvorrichtung zum Retentat/Feed gewährleistet. Bevorzugterweise sind im Uebergangsbereich Mittel zur Erzeugung einer turbulenten Strömung vorhanden, beispielsweise statische Mischer. In anderen Ausführungsformen ist die Reynolds-Zahl, welche proportional von der Strömungsgeschwindigkeit und dem Rohrdurchmesser und indirekt proportional von der kinematischen Zähigkeit abhängt, genügend gross, damit das Fluid eine turbulente Strömung aufweist.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung zur Trennung von Fluiden ist kompakt gestaltet. Ferner ist nur eine geringe Anzahl von Anschlussleitungen, beispielsweise Retentatausgängen, notwendig.

In den beiliegenden Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes dargestellt, die in der nachfolgenden Beschreibung erläutert sind. Es zeigen

Figur 1 eine perspektivische Darstellung einer Vorrichtung mit hintereinander angeordneten Wickelmodulen gemäss dem Stand der Technik;

Figur 2 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung im Querschnitt und

Figur 3 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform im Querschnitt.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung weist prinzipiell einen ähnlichen Aufbau auf wie die bekannten, wärmetauscherlosen Vorrichtungen mit Wickelmodulen, wovon eine Ausführungsform in der Figur 1 dargestellt ist. Diese Ausführungsform wird zur Pervaporation eingesetzt. Die für andere Membrantrennverfahren verwendeten Vorrichtungen weisen jedoch den gleichen prinzipiellen Aufbau auf, im wesentlichen ändert sich nur die Beschaffenheit der verwendeten Membrane und der Transportmechanismus, das heisst die treibende Kraft für den Massentransport durch die Membran, welche durch das Anlegen eines Ueberdruckes beziehungsweise Unterdruckes erzielt wird.

Die hier dargestellte Vorrichtung umfasst ein Druckrohr 1, das bevorzugterweise aus Metall, Kunststoff oder Glas gefertigt ist. Das Druckrohr 1 weist im allgemeinen einen Eingang und mindestens zwei Ausgänge auf. Der Eingang wird Feedeingang 2 genannt und dient der Zuführung der zu trennenden Fluide, das heisst der Feedlösung. Der eine Ausgang ist der Permeatausgang 3, durch den das durch die Membrane der Wickelmodule permeierte Fluid abgelassen werden kann. Der andere Ausgang ist der Retentatausgang 4 zur Wegführung der nicht durch die Membran gedungenen Flüssigkeit.

Im Innern des Druckrohres sind mindestens zwei Wickelmodule 5 in Strömungsrichtung hintereinander angeordnet. Jedes Wickelmodul weist eine oder mehrere Membrantaschen 50 auf, die zusammen mit den Feedspacern um ein poröses Permeatsammelrohr 51 gewickelt sind. Die äussere Oberfläche jedes Wickelmoduls ist mittels Retentatdichtungen 40 gegenüber dem Druckrohr 1 abgedichtet, so dass die Feedlösung durch das Wickelmodul

fliessen muss. Die in Serie geschalteten Wickelmodule 5 können mittels Kupplungsstücken 6 miteinander verbunden sein, wie dies in der Figur 3 dargestellt ist. Jedes Kupplungsstück 6 verbindet benachbarte Permeatsammelrohre 51, so dass ein durchgehender Kanal bis zum Permeatausgang 3 am Ende des Druckrohres 1 entsteht. Das Permeatsammelrohr des ersten, dem Feedeingang 2 am nächsten gelegenen Wickelmoduls ist an seinem feedeingangsseitigen Ende abgeschlossen, beispielsweise mittels einer Endkappe 60.

In einer anderen Ausführungsform ist erfindungsgemäss an jedem dem Feedeingang abgewandten Ende der Permeatsammelrohre 51 ein Permeatausgang 3 angeordnet und die einzelnen Rohre sind nicht miteinander verbunden. In der Figur 2 ist schematisch dargestellt, dass die einzelnen Rohre innerhalb des Druckrohres nicht miteinander verbunden sind. Jedes dem Feedeingang zugewandte Ende der Permeatsammelrohre 51 ist mittels einer Endkappe 60 oder ähnlichen Mitteln abgeschlossen. Das Druckrohr besteht in dieser Ausführungsform bevorzugterweise aus Rohrabschnitten 10, die mittels Flanschen 11 miteinander verbindbar sind.

Der Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass ein besseres Vakuum, das heisst ein tieferer Absolutdruck, innerhalb der einzelnen Permeatsammelrohre erzielt werden kann. Dadurch wird der Stofftransport durch die Membran verbessert.

Es sind auch Varianten möglich, bei denen nach einer bestimmten Anzahl von miteinander verbundenen Wickelmodulen ein Permeatausgang angeordnet ist. Die Wickelmodule 5 sind in jeder Ausführungsform mit bekannten Mitteln im Druckrohr 1 gehalten.

Zudem sind im Druckrohr 1 Festhaltemittel, auch ATD oder Anti-Telescoping Devices genannt, angeordnet, die ein Entrollen der aufgewickelten Membran verhindern. Diese Festhaltemittel sind in den Figuren nicht dargestellt.

Die Verwendung von miteinander verbundenen Permeatsammelrohren oder mehreren Permeatausgängen ist unabhängig von der verwendeten Art der Heizvorrichtung.

Die in den Figuren 2 und 3 dargestellte erfindungsgemässe Vorrichtung weist eine Heizvorrichtung 7 auf, die mindestens einen Bereich zwischen den hintereinander angeordneten Wickelmodulen beheizt. In der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform umfasst die Heizvorrichtung Heizelemente 70, die jeweils im Bereich zwischen je zwei Wickelmodulen 5 angeordnet sind. Als Heizelemente 70 können elektrische Heizwiderstände verwendet werden, die am äusseren Mantel des Druckrohres 1 angeordnet sind. Ebenso können die Heizelemente Aufsätze sein, die auf dem Druckrohr angeordnet sind und von einem Heizmedium durchflossen sind. Jedes Heizelement weist einen Eingang 71 und einen Ausgang 72 zur Zu- beziehungsweise Abführung des Heizmediums auf. Des weiteren kann das Druckrohr in diesen Bereichen einen doppelwandigen Mantel aufweisen, dessen Zwischenraum von einem Heizmedium durchströmt wird.

In der in Figur 3 dargestellten Ausführungsform ist der gesamte Mantel 73 des Druckrohres 1 doppelwandig ausgeführt, so dass ein oder mehrere Zwischenräume entstehen, die von einem Heizmedium, beispielsweise Wasser, Wasserdampf oder einem Wärmeträgeröl, durchströmt sind. Am feedeingangseitigen Ende des Druckrohres 1 ist ein Eingang 71 und am retentatseitigen

Ende ein Ausgang 72 für das Heizmedium angeordnet. Im Innenraum des doppelwandigen Mantels können Umlenkbleche zur Verbesserung der Strömungsführung des Heizmediums angeordnet sein. Der Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass sie einfach herstellbar ist, dass sie unabhängig von der Anzahl der verwendeten Wickelmodule ist und dass lediglich zwei Anschlüsse für das Heizmedium benötigt werden.

In einer weiteren, hier nicht dargestellten Ausführungsform besteht die Heizvorrichtung wiederum aus einzelnen Heizelementen, die in Form von Wärmetauschern zwischen den einzelnen Wickelmodulen angeordnet sind und die von dem als Feedlösung weiterverwendeten Retentat durchströmt werden. Bevorzugterweise handelt es sich dabei um Rohrbündel-Wärmeaustauscher. Der Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass das Retentat nach Verlassen eines vorhergehenden Wickelmoduls über eine grössere Austauschfläche mit dem Heizelement in Kontakt kommt und so ein besserer Wärmeübergang gewährleistet wird, bevor es als Feedlösung das nächste Wickelmodul durchströmt.

Bei beiden letztgenannten Varianten besteht ein weiterer Vorteil darin, dass jeder Uebergang von einem Wickelmodul zum nächsten individuell beheizt werden kann, so dass die Temperatur der Feedlösung entsprechend der Konzentration des permeablen Anteiles in der Lösung gesteuert werden kann.

Um den Wärmeübergang von der Heizvorrichtung auf die Feedlösung vor dem Eintritt in das nächste Wickelmodul zu optimieren, sind im Bereich zwischen je zwei Wickelmodulen Mittel zur Erzeugung

einer turbulenten Strömung vorhanden, um den Wärmeübergang zu erhöhen. Beispiele hierfür sind statische Mischer mit den verschiedensten geometrischen Formen, welche der Längsströmung des Fluids, beziehungsweise des Retentats, Querströmungen in Abhängigkeit der geometrischen Formen des Mixers überlagern. In einer Ausführungsform sind die Mittel zur Erzeugung von turbulenten Strömungen eine oder mehrere Spiralen, welche am Kupplungsstück, das die zwei Permeatsammelrohre verbindet, angeordnet sind. In einer anderen Ausführungsform ist das Festhaltemittel, das ATD, zwischen zwei Wickelmodulen so gestaltet, dass in der hindurchfliessenden Feedlösung Wirbel erzeugt werden. Ebenso können zwei Festhaltemittel hintereinander angeordnet sein, wobei ihre Durchgangsöffnungen verdreht zueinander angeordnet sind.

Für gewisse Feedlösungen und bestimmte Rohrdurchmesser sind keine speziellen mechanischen Mittel zur Erzeugung von Wirbeln notwendig: allgemein gilt, dass oberhalb der Reynolds-Zahl  $Re=2'300$  eine Rohrströmung turbulent verläuft. Beispielsweise beträgt die Reynolds-Zahl für reines Ethanol in einem Durchfluss von 500 kg/h bei einer Temperatur von 100°C und einem Wickelmodul-Durchmesser von 4" ( $= 10,16 \cdot 10^{-2}$  m) 5'400, so dass auf jeden Fall eine turbulente Strömung vorhanden ist.

#### Beispiel:

Es wird eine Vorrichtung mit zwei Wickelmodulen verwendet, die jede eine aktive Membranoberfläche von 5 m<sup>2</sup> aufweist. Die Feedlösung, bestehend aus 10 Gewichtsprozent Wasser und 90 Gewichtsprozent Ethanol, wird mit einem Durchfluss von

500 kg/h zugeführt. Die Zulauftemperatur beträgt 100° C und der Permeatdruck 10 mbar.

Es werden folgende Annahmen getroffen:

1. es permeiert nur reines Wasser;
2. für den betrachteten Bereich wird angenommen, dass sich der transmembrane Fluss proportional zum Molanteil der zu permeierenden Komponente in der Feedlösung verhält (bei konstanter Temperatur auf der Feedseite und konstantem Druck auf der Permeatseite);
3. die Membranpermeabilität verhält sich nach der Arrhenius-Beziehung.

Zwischen den zwei Wickemodulen wird die nun bereits einen kleineren Wasseranteil aufweisende Feedlösung wiederum auf 100° C erwärmt. Vergleiche mit derselben Vorrichtung ohne Zuführung von Wärme zwischen den Wickelmodulen zeigen, dass der Wirkungsgrad der Permeation durch die Membran bis zu 33% vergrößert wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Trennung von Fluiden, welche ein Druckrohr (1) zur Aufnahme von mindestens zwei Wickelmodulen (5) umfasst, wobei die mindestens zwei Wickelmodule (5) in Strömungsrichtung hintereinander anzuordnen sind, wobei das Druckrohr (1) einen Feedeingang (2), mindestens einen Permeatausgang (3) und einen Retentatausgang (4) aufweist und wobei die Vorrichtung eine Heizvorrichtung (7) umfasst zur Erwärmung einer Feedlösung bei Uebergang von einem Wickelmodul in ein nachfolgend angeordnetes Wickelmodul, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizvorrichtung mindestens einen Uebergangsbereich zwischen den mindestens zwei hintereinander angeordneten Wickelmodulen (5) beheizt, wobei die zu erwärmende Feedlösung beim Uebergang von einem Wickelmodul in das nachfolgend angeordnete Wickelmodul im Druckrohr (1) verbleibt, und dass der Uebergangsbereich so ausgebildet ist, dass die zu erwärmende Feedlösung eine turbulente Strömung aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizvorrichtung (7) mittels einem sie durchströmenden Heizmedium heizbar ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckrohr (1) einen doppelwandigen Mantel zur Aufnahme des Heizmediums in dessen Zwischenraum aufweist.



4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizvorrichtung (7) Heizelemente (70) umfasst, die jeweils im Bereich zwischen zwei Wickelmodulen angeordnet sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich zwischen den Wickelmodulen (5) Mittel zur Erzeugung einer turbulenten Strömung vorhanden sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zu jedem aufzunehmenden Wickelmodul (5) ein Permeatausgang (3) vorhanden ist.
7. Vorrichtung nach den Ansprüchen 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Heizelement aus einem Wärmetauscher besteht, der innerhalb des Druckrohres angeordnet ist und sich bei aufgenommenen Wickelmodulen zwischen denselben befindet.
8. Verwendung der Vorrichtung mit darin aufgenommenen Wickelmodulen zur Pervaporation von Fluiden.
9. Verwendung der Vorrichtung mit darin aufgenommenen Wickelmodulen zur Gaspermeation.

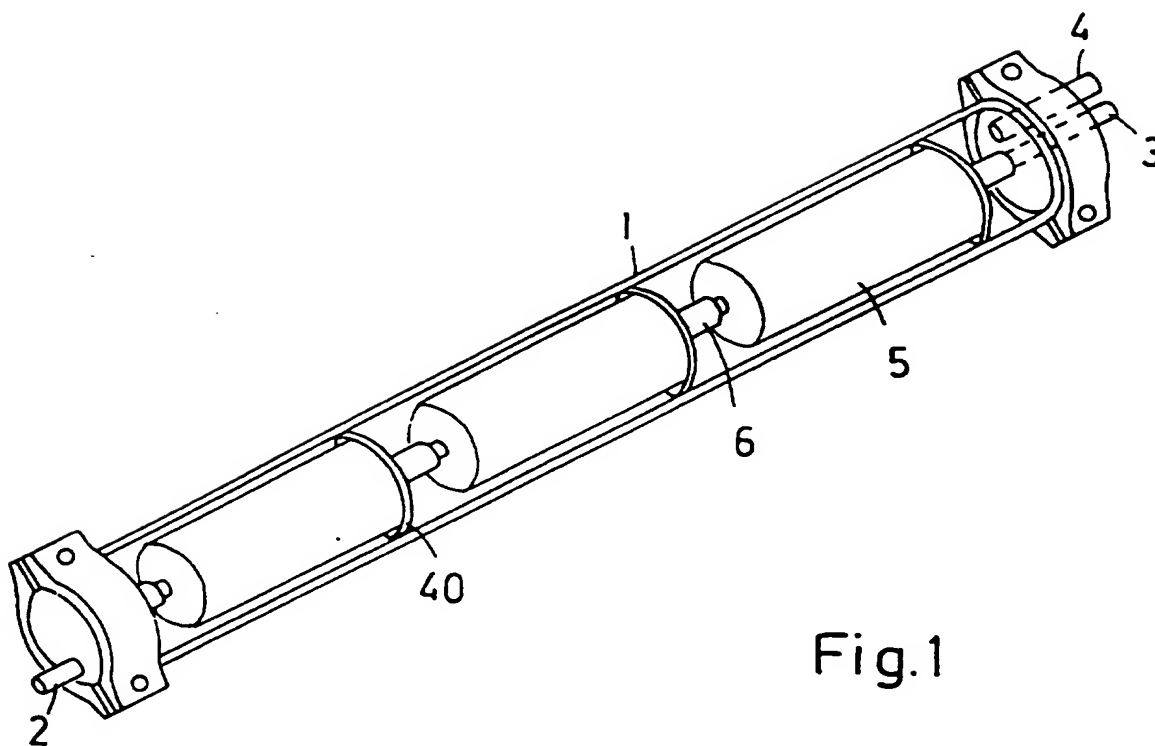


Fig.1

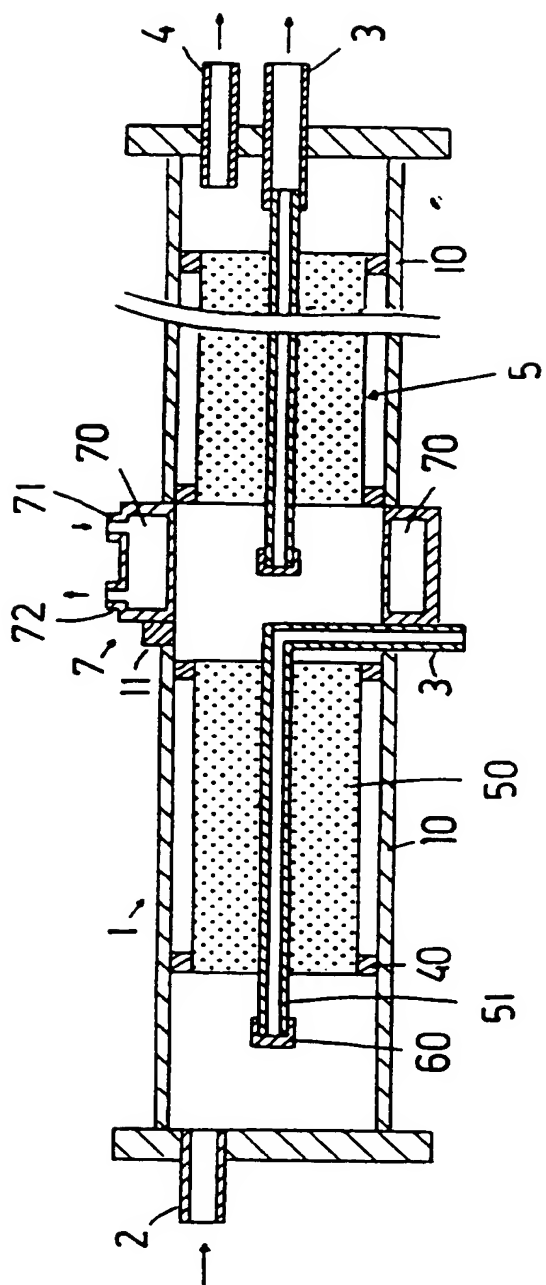


Fig. 2

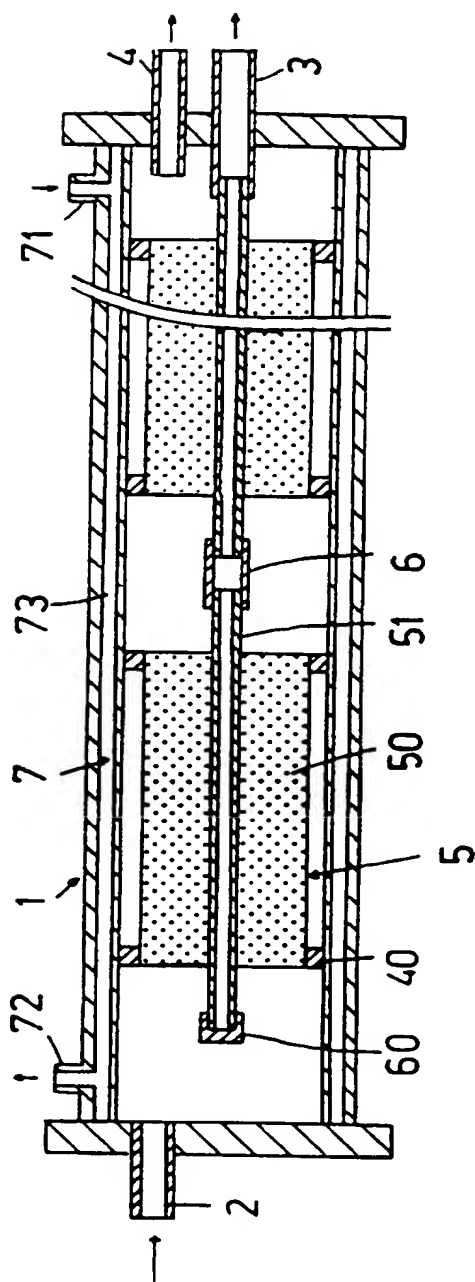


Fig. 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No

PCT/CH 00142

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 B01D63/12 B01D65/00 B01D61/36 B01D53/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 B01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP,A,0 641 593 (TEXACO DEV CORP) 8 March 1995 see the whole document ---	1-4,8,9
Y	US,A,5 294 345 (KASCHEMEKAT) 15 March 1994 see abstract; figures see column 1, line 10 - column 4, line 37 see claims 1-5 --- -/--	1-4,8,9

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 July 1996

Date of mailing of the international search report

25.07.96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fac (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Hoornaert, P

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In: International Application No

PCT/CH 0142

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 191 (C-182), 20 August 1983 & JP,A,58 095523 (KURARAY KK), 7 June 1983, see abstract & DATABASE WPI Section Ch, Week 8328 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class A88, AN 83-708915 see abstract ---	1,2,6,8, 9
A	EP,A,0 062 494 (KURARAY CO LTD) 13 October 1982 see figures 2-4,7 see page 24, line 17 - page 25, line 16 see page 27, line 12 - line 14 see page 35, line 9 - line 17 ---	1-4,8
A	US,A,4 296 951 (ZIMMERLEY) 27 October 1981 see abstract; figures see column 3, line 21 - line 42 see column 6, line 9 - line 56 ---	1,5
A	US,A,4 874 405 (MINHAS) 17 October 1989 see abstract; figures see column 2, line 39 - column 3, line 35 see column 4, line 21 - line 38 see column 5, line 14 - column 6, line 36 ---	1,8,9
A	US,E,33 678 (CAMPBELL) 3 September 1991 see abstract; figures see column 2, line 15 - column 3, line 31 see column 4, line 44 - column 6, line 37 -----	1,9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PL T/CH 00142

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-641593	08-03-95	US-A- 5445731 CA-A- 2128909 JP-A- 7096147	29-08-95 09-03-95 11-04-95
US-A-5294345	15-03-94	WO-A- 9417902	18-08-94
EP-A-62494	13-10-82	JP-A- 57165005 JP-A- 58040103 JP-A- 58040105 JP-A- 58058105 JP-A- 58058107	09-10-82 09-03-83 09-03-83 06-04-83 06-04-83
US-A-4296951	27-10-81	NONE	
US-A-4874405	17-10-89	CA-A- 2004031 DE-D- 69005326 DE-T- 69005326 EP-A- 0383146 ES-T- 2047723 JP-A- 2245226	14-08-90 03-02-94 14-04-94 22-08-90 01-03-94 01-10-90
US-E-33678	03-09-91	CA-A- 1322967 US-A- 4787919 EP-A- 0362436	12-10-93 29-11-88 11-04-90

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Abkürzungszeichen  
PC 1/CH 00142

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 B01D63/12 B01D65/00 B01D61/36 B01D53/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 B01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP,A,0 641 593 (TEXACO DEV CORP) 8.März 1995 siehe das ganze Dokument	1-4,8,9
Y	US,A,5 294 345 (KASCHEMEKAT) 15.März 1994 siehe Zusammenfassung; Abbildungen siehe Spalte 1, Zeile 10 - Spalte 4, Zeile 37 siehe Ansprüche 1-5	1-4,8,9

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Juli 1996

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

25-07-1996

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hoornaert, P

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 191 (C-182), 20.August 1983 & JP.A,58 095523 (KURARAY KK), 7.Juni 1983, siehe Zusammenfassung & DATABASE WPI Section Ch, Week 8328 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class A88, AN 83-708915 siehe Zusammenfassung ---	1,2,6,8, 9
A	EP,A,0 062 494 (KURARAY CO LTD) 13.Oktober 1982 siehe Abbildungen 2-4,7 siehe Seite 24, Zeile 17 - Seite 25, Zeile 16 siehe Seite 27, Zeile 12 - Zeile 14 siehe Seite 35, Zeile 9 - Zeile 17 ---	1-4,8
A	US,A,4 296 951 (ZIMMERLEY) 27.Oktober 1981 siehe Zusammenfassung; Abbildungen siehe Spalte 3, Zeile 21 - Zeile 42 siehe Spalte 6, Zeile 9 - Zeile 56 ---	1,5
A	US,A,4 874 405 (MINHAS) 17.Oktober 1989 siehe Zusammenfassung; Abbildungen siehe Spalte 2, Zeile 39 - Spalte 3, Zeile 35 siehe Spalte 4, Zeile 21 - Zeile 38 siehe Spalte 5, Zeile 14 - Spalte 6, Zeile 36 ---	1,8,9
A	US,E,33 678 (CAMPBELL) 3.September 1991 siehe Zusammenfassung; Abbildungen siehe Spalte 2, Zeile 15 - Spalte 3, Zeile 31 siehe Spalte 4, Zeile 44 - Spalte 6, Zeile 37 -----	1,9



## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zu dieser Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 90142

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A-641593	08-03-95	US-A- 5445731	29-08-95
		CA-A- 2128909	09-03-95
		JP-A- 7096147	11-04-95
US-A-5294345	15-03-94	WO-A- 9417902	18-08-94
EP-A-62494	13-10-82	JP-A- 57165005	09-10-82
		JP-A- 58040103	09-03-83
		JP-A- 58040105	09-03-83
		JP-A- 58058105	06-04-83
		JP-A- 58058107	06-04-83
US-A-4296951	27-10-81	KEINE	
US-A-4874405	17-10-89	CA-A- 2004031	14-08-90
		DE-D- 69005326	03-02-94
		DE-T- 69005326	14-04-94
		EP-A- 0383146	22-08-90
		ES-T- 2047723	01-03-94
		JP-A- 2245226	01-10-90
US-E-33678	03-09-91	CA-A- 1322967	12-10-93
		US-A- 4787919	29-11-88
		EP-A- 0362436	11-04-90